

KA-32T 헬리콥터 시뮬레이터를 위한 훈련 시나리오 구성

Construction on Training Scenario for KA-32T Helicopter Simulator

정지훈*, 이기학, 강승은, 박용진, 고강명, 함대영, 이동호(서울대학교),
전향식, 최형식(한국항공우주연구원)

1. 서 론

현재까지 수십 년간 항공사고율의 동향을 살펴 보면, 항공기 기체 엔진 GPWS(지상근접경고시스템), TCAS(공중충돌자동회피시스템), Auto pilot 등 전자항법의 발달 등, 기술혁신과 레이더 등 관제통신 및 항행유도시설의 발달에 힘입어 사고 발생률이 지속적으로 감소되어 왔다. 항공 사고의 원인별로 볼 때, 항공기 기체결합, 공항, 기상 등 기계적, 물리적 요인에 의한 사고는 기술발달로 급격히 감소되어 있으나, 아직도 항공 사고의 2/3를 점하고 있는 인적요인(Human Factors) 사고 발생률은 정체 상태이거나 오히려 증가되는 경향을 보이고 있다. 80년대 이후 고정익 정기 항공사들도 이에 주목하여 LOFT(현장중심훈련), CRM(승무원협동훈련) 기법을 발전시켜 왔고, 국제민간항공기구(ICAO) 및 각국 정부에서도 시뮬레이터에 의한 조종사 초기 훈련(Initial Training), 6개월마다의 정기 훈련(Recurrent Training)을 의무화하여 과실, 착오, 판단 및 행동오류 등 인적요인에 의한 사고 예방에 전력을 다하고 있다. 우리나라에서도 90년대 이후 산불진화, 환경감시 등 다양한 목적으로 헬리콥터 운항이 크게 확대되어 왔는데, 조종사의 훈련이 고정익처럼 체계화, 과학화, 제도화 되어 있지 않아 헬리콥터 사고가 크게 증가되고 있는 실정이다.

최근 국내에서 발생한 민간 헬리콥터 사고 현황을 보면, 사고원인의 대부분이 조종사 과실에 의한 것임을 확인할 수 있다. 즉, 사고율을 낮추기 위해서는 운항승무원에 대한 체계적인 훈련이 가장 먼저 이루어져야 하며, 이를 위해서는 기존의 시스템에 인적요소를 고려한 체계적인 훈련 프로그램의 정립이 필수적이다.

모의 비행 훈련 장치로 불리는 시뮬레이터 장치는 적은 비용으로 다양한 훈련 상황을 모사할 수 있어 실기 훈련과 함께 조종사의 비행 훈련의 많은 부분을 차지하고 있다. 컴퓨터를 이용한 데



그림 1. 산림청에서 운용중인 KA-32T 헬리콥터 이터 처리 및 영상 처리 기술의 발달로 인해 오늘날의 시뮬레이터는 실제 항공기와 거의 유사한 환경을 구현해 낼 수 있다. 헬리콥터 시뮬레이터의 경우, 그동안 국산화 시도가 이루어지지 못하였으나 최근 한국항공우주연구원의 주관 아래 KA-32T를 위한 국산 헬리콥터 시뮬레이터 개발이 활발히 진행되고 있다. KA-32T는 러시아의 KUMERTAU사(社)에서 군용 및 민간용으로 제작된 다목적 헬리콥터로서 화물공수, 산불진화, 항공방제와 같은 특수임무 수행에 적합한 기종이다. 국내에서는 현재 산림청, 해양경찰청, 소방본부, 국립공원 관리공단 등에서 운영 중이다.

앞서 언급한 대로 헬리콥터 시뮬레이터 개발에 있어서, 모델링이나 영상 같은 시스템 모델링 외에 훈련 및 관리와 같은 교육적인 측면의 훈련 프로그램의 필요성을 강조할 수 있다. 본문에서는 헬리콥터 시뮬레이터에 적용될 수 있는 훈련 상황의 구현에 대해서 비행 매뉴얼의 내용을 바탕으로 훈련 시나리오를 구성 해보았다. 훈련 시나리오를 구성하는 각 요소들을 그 성격에 따라 비행 과정 요소, 상황 요소, 환경요소로 나누어 정의하고, 특수 임무 훈련을 위한 임무 훈련 시나리오도 함께 정의하였다.

2. 훈련 시나리오의 구성

2.1 훈련 시나리오의 구성 요소

훈련 시나리오를 구성하는 훈련 요소(Training Elements)는 그 성격에 따라 비행 과정 요소(Flight Phase), 상황 요소(Situation), 환경요소(Environment)로 나누어진다. 먼저 비행 과정 요소는 항공기의 일반적인 비행 과정으로서 이륙에서 착륙까지의 절차 모음으로 훈련 시나리오의 기본이 된다. 비행 과정 요소는 KA-32T 비행 매뉴얼의 정상 절차 부분을 바탕으로 구성하였다. 다음으로 상황 요소는 각 비행 과정에서 항공기가 처할 수 있는 상황으로서 엔진 고장, 기내 화재 같은 돌발 상황들이 여기에 해당된다. 이때 발생한 상황의 위험 정도에 따라 비정상 상황과 비상 상황으로 구분한다. 비행 매뉴얼의 비정상, 비상 절차 부분을 바탕으로 구성하였다. 마지막으로 환경 요소는 비행중인 항공기의 상태를 정의하는 요소로서 지도상의 위치, 고도, 날씨, 대기상태 등 항공기의 외부 상태와 기체의 자세, 기수의 방향, 무게중심, 중량, 연료량 등의 항공기 내부 상태로 나눌 수 있다.

다음으로 교관 및 훈련생에 대한 정보와 인근 공항이나 주변을 비행하고 있는 다른 항공기에 대한 정보들이 훈련 정보 요소에 해당되는 훈련 정보(Training Information)가 있다. 그리고 체계규격요구서(RFP)에 따라 훈련생의 교육성과에 대한 내용이 훈련 시나리오의 범주에 포함되어야 하므로 교관의 훈련생에 대한 평가 결과를 함께 포함시킨다.

이러한 훈련 요소와 훈련 정보를 결합하여 훈련 시나리오를 구성할 수 있다. 먼저 훈련 요소의 비행 과정 요소(Flight Phase)로부터 각 비행 단계를 선택하여 훈련 시나리오의 기본 뼈대를 구성하고 각 과정에 상황 요소(Situation)와 환경 요소(Environment)를 배치한다. 훈련의 유연성을 위해서 각 요소들을 개별적으로 호출할 수 있게 구조화된 형태로 구성한다. 훈련 시나리오의 구성은 다음의 두 가지 방법을 선택할 수 있다. 먼저 모든 단계에서 각 요소들을 미리 설정된 대표적인 값들을 호출하는 방법이다. 훈련 내용에 따라 미리 결정된 스토리 라인에 따라 구성된 시나리오를 훈련에 적용할 수 있다. 각 요소들이 개별적으로 구조화되어 있으므로 많은 종류의 스토리 라인을 구성할 수 있다.

각 정상 절차 단계별로 교관이 즉석에서 원하는 상황요소를 불러올 수 있게 하는 방법도 이용된다. 즉, 정해진 정상 절차를 바탕으로 실시간으

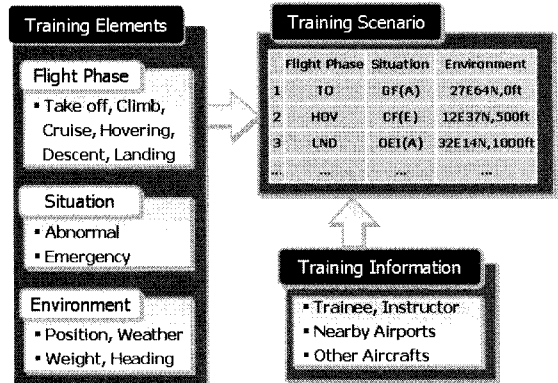


그림 2. 훈련 시나리오의 구성
로 훈련 시나리오를 구성하는 방법이다. 훈련 상황에 따라 교관이 임의로 상황 요소를 추가, 변경 혹은 삭제할 수 있다. 환경 요소는 호출된 값을 그대로 사용하거나 교관의 의도에 따라 그 값을 수정한다.

2.2 정상 절차, 비정상 절차 및 비상 절차

가. 정상 절차 (normal procedures)

정상절차 훈련은 비행준비-제자리 비행-이륙-상승-순항-강하-착륙-엔진정지 및 주기 순서로 이루어진다.

나. 비정상 절차 (abnormal procedures)

비정상 절차는 비상 상태는 아니지만 운항에 지장을 주는 고장이 발생했을 때에 대한 적절한 조치사항을 언급한 것이다. 비정상 절차의 예로는 한쪽 엔진 고장, 유압 시스템의 고장 등이 있다. 비정상 절차는 크게 각 상황별 증상과 승무원의 대처 행동방안으로 구성되어 있다. 증상에 해당하는 내용들은 실제 시뮬레이터 훈련에서 구현되어야 할 부분이 되고 승무원의 대처 행동방안들에 대한 내용은 훈련생의 교육성과에 대한 평가정보로서 이용된다.

표 1. 비정상 절차 구성 (예: Single Engine Failure)

Name	Single Engine Failure-Hover IGE, up to 6m (20ft)
Indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Helicopter-out of trim and height loss ▪ Sound-Engine coming to stop ▪ FAIL ENG (LH or RH) light - ON ▪ MASTER CAUTION light - ON ▪ Affected engine Gas Generator RPM decreases
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maintain heading and landing attitude ▪ Collective - Adjust to control rate of descent and landing ▪ Accomplish landing on main wheels ▪ After landing : Collective - Full down Wheel brake - Apply Complete engine shutdown Deenergize helicopter

다. 비상 절차 (emergency procedures)

비상 절차는 항공기가 비행하는데 심각한 지장을 줄 수 있는 여러 비상 상황이 발생하였을 때 승무원이 취해야할 적절한 절차와 점검 목록을 언급한 것이다. 주요 예로써 엔진 화재, 양쪽 엔진 고장, 발전기 고장, 비상 착륙이나 수면 위에 착수가 비상절차에 해당된다. 비정상 절차와 마찬가지로 각 상황별 증상과 승무원의 대처 행동 방안으로 구성되어 있다.

표 2. 비상 절차 구성 (예: Engine Fire in Flight)

Name	Engine Fire in Flight
Indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Master Caution light - ON ▪ Check Fire light - ON ▪ Audio signal - ON ▪ Excessive ITT ▪ Visible smoke of fire ▪ Fumes
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LH ENG FIRE light - ON or OFF, Check ▪ RH ENG FIRE light -ON or OFF, Check ▪ Shut-off lever - Closed ▪ Fuel shut-off valve - Closed (cap open) ▪ Fire extinguishing system - Discharged automatically
Procedure	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fire extinguishing system - Discharged automatically
Note	<p>Helicopter fire extinguishers - Use to eliminate the fire if required</p>

2.3 훈련 성과에 대한 평가

훈련생의 교육성과에 대한 평가는 다음과 같이 이루어진다. 먼저 정상절차는 시뮬레이터 훈련의 가장 기본적인면서 필수적인 항목이므로 각 비행 단계별 절차를 충실히 이행하는가에 대한 평가가

표 3. 훈련 시나리오 - 전체 훈련

Flight Phase	Situation	Environment	점수
1	비행 준비	정상	24E64N, 0ft, etc.
2	이륙	정상	24E64N, 5ft, etc.
4	상승	정상	29E62N, 200ft, etc.
5	순항	비상 12	30E62N, 4000ft, etc.
6	하강	비정상 4	31E61N, 200ft, etc.
7	호버링	비정상 7	31E61N, 20ft, etc.
8	착륙	정상	31E61N, 0ft, etc.

최우선으로 행해져야 한다. 비정상 절차와 비상 절차의 경우는, 시뮬레이터에서 각 상황에 해당되는 증상을 구현하면 훈련생은 일련의 증상들을 확인 한 후, 어떤 상황인지를 판단한 다음 메뉴얼에 있는 대처 행동방안대로 조치를 취한다. 교관은 훈련생이 정해진 조치를 순서대로 이행하는지 확인하고 이에 대한 평가 점수를 매긴다. 기본적으로 비행준비부터 착륙까지의 전체 절차를 차례대로 수행해야 하지만 훈련의 효율성을 위해 특정 절차만을 반복 훈련 할 수 있도록 전체 훈련과 부분훈련으로 나누어 구성하였다. 이상과 같은 내용을 바탕으로 구성된 훈련 시나리오의 실제 예를 표 3에서 나타내었다.

3. 임무 시나리오의 구성

3.1 임무 요소의 기본 구성

임무 요소의 기본 구성은 훈련 요소의 정상 절차의 순항 비행 부분에 정해진 임무 수행에 대한 절차들이 추가되는 식으로 이루어진다. 항공기가 활주, 이륙, 상승 등의 과정을 거치는 동안 주어진 목적을 수행하기 위한 기동을 실시하고 임무 수행이 끝나면 지정된 장소로 순항 비행을 한 후 하강, 착륙 과정을 거쳐 비행을 마치게 되는 것이다. 달리 말하면, 정상절차는 장소이동에 대한 임무 시나리오라고 할 수 있다.

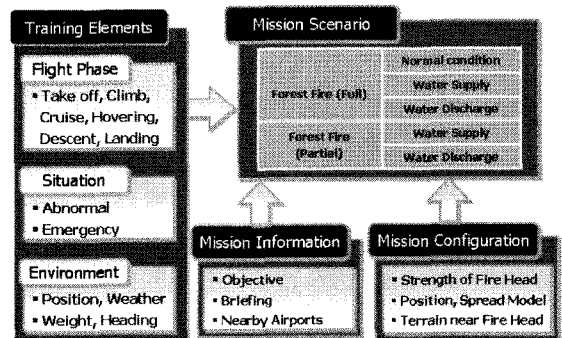


그림 3. 임무 시나리오의 구성

표 4. 임무 훈련 시나리오 - 산불 진화

Flight Phase	Situation	Environment	접수
1	이륙	정상 132E35N, 5ft, etc.	
2	상승	정상 132E35N, 20ft, etc.	
3	순항	정상 132E35N, 900ft, etc.	
4	하강	정상 132E35N, 50ft, etc.	
5	급수	급수기동 132E35N, 5ft, etc.	
6	상승	정상 132E35N, 20ft, etc.	
7	투수	투수기동A 132E35N, 100ft, etc.	
8	하강	정상 132E35N, 20ft, etc.	
9	재급수	정상 132E35N, 5ft, etc.	
10	상승	정상 132E35N, 0ft, etc.	
11	투수	투수기동B 132E35N, 100ft, etc.	
12	하강	정상 132E35N, 20ft, etc.	
13	착륙	정상 132E35N, 0ft, etc.	

표 5. 산불 진화 임무 절차

procedures	내용
상황 파악 및 산불 지역 확인	<ul style="list-style-type: none"> 산불 지역 도착 시 조종사 확인 사항 연기 상태, 요란기류, 풍향 풍속 산불지역 확인 강, 도로, 다리에 의해 위치 확인
바람의 이용	<ul style="list-style-type: none"> 바람방향 : 물 투하 결과에 상당한 영향을 미치므로 특별히 고려되어야 할 사항 측풍(cross-wind) 비행 : 연기에 의해 조종사가 덜 방해 받게 됨 물 투하 시 산불 정상 부 진행방향에서 편류
목표 접근	<ul style="list-style-type: none"> 접근 시 원하는 투하속도로 목표 접근 (상승접근/하강접근/수평접근) 산악지역에서 항공기는 어디든지 접근이 가능 (산 정상보다는 비탈을 따라 목표지점 접근) 산악지역에서 강한 바람은 기체하강을 야기함.
물 투하 기술	<ul style="list-style-type: none"> 물 투하 시 중요한 요인 <ul style="list-style-type: none"> 속도와 고도, 바람의 효과 등을 고려 물 투하 고도 <ul style="list-style-type: none"> 가능한 낮은 고도에서 투하 낮은 낙하고도는 소화제의 증발, 분산을 최소화하며 침투가 용이. 매우 낮은 고도는 식물에 불필요한 피해를 유발, 조종사의 높은 조작기술을 요함. 물 투하 요령 <ul style="list-style-type: none"> 물은 한 장소에 낙하되지 않고 항공기 경로(Track)를 따라 앞으로 투하. 최상의 고도와 속도, 바람의 효과를 동시에 판단하는 법을 익혀야 함. 높은 온도와 빠르게 확산되는 불은 많은 양의 물을 투하함으로써 효과적으로 진화한다.
물 투하 후 이탈	<ul style="list-style-type: none"> 갑작스런 항공기 증량의 감소로 기체상승 상태와 그 효과로 인한 미부 부분의 하강기류 발생.
재급수 이동	<ul style="list-style-type: none"> 투하지역을 확인하고 항공기간 상호 경계를 하면서 안전하게 이탈하여 재 급수지로 이동. 이동 중 연료상태를 체크한 후 차후 물 투하를 어떻게 할 것인가를 염두판단. 담수지 선정 : 이동시간 및 진화시간을 단축.

3.2 KA-32T 헬리콥터의 산불진화 임무 요소

현재 KA-32T 시뮬레이터의 경우 산불진화에 대한 임무 요소를 포함하는 훈련 시나리오를 도입할 예정에 있다. 산불진화는 급수를 하기 위한 제자리 비행 임무와 화재 진압을 위한 투수 임무로 구분할 수 있다.[3,4] 급수 임무의 경우 로터의 후류 속도로 인한 물보라와 급수 과정에서 발생하는 질량 증가 및 무게중심의 변화로 인해 조종이 매우 어렵고, 투수 임무의 경우도 산악 지대의 국지풍과 화재로 인한 연기와 난기류에 의한 시계 악화 등으로 인해 임무의 난이도가 매우 높은 편이다. 따라서 훈련 효율을 향상시키고 훈련 조종사의 부담을 덜기 위해 각각의 임무를 분리해서 훈련을 실시할 수 있게 시나리오를 구성하였다. 그리고 전체적인 훈련을 하는 경우에는 앞서 언급한 임무 훈련 시나리오 구성 원리에 따라 투수 임무와 급수 임무를 기본 훈련 시나리오에 삽입하여 임무 훈련 시나리오를 구성할 수 있다.(표 4) 산불 진화 훈련과정에 관한 절차는 산림청 산림항공관제소에서 발행된 산불관련 자료를 참조하였으며, 개략적인 내용은 표 5와 같다.

4. 결 론

KA-32T 시뮬레이터에 적용할 수 있는 훈련 시나리오를 구성하였다. 훈련 시나리오의 각 요소들은 비행 매뉴얼의 절차부분들을 바탕으로 구성하였다.

- 훈련 시나리오의 구성 요소를 비행 과정 요소, 상황 요소, 환경 요소로 정의하였다. 비행 매뉴얼을 바탕으로 하여 비행 과정 요소, 상황 요소를 구현하였다.
- 임무 훈련 시나리오의 경우 산불진화 훈련을 위한 임무 시나리오 구성하였다. 기본 훈련 시나리오를 통해 익힌 기능 응용하여 급수 임무와 투수 임무로 구분하여 훈련을 실시할 수 있도록 하였다.

향후 연구 계획으로 이와 같이 구성된 훈련 시나리오를 통해서 보다 효과적인 시뮬레이터 교육을 할 수 있는 훈련 이수과정에 대한 연구를 지속할 예정이다.

후 기

본 연구는 서울대학교 BK21 차세대 기계항공 시스템 창의설계 인력양성사업단과 건설교통부 항공선진화연구개발사업의 연구비 지원(훈련용

헬기 시뮬레이터개발 과제)에 의해 수행되었습니다. 과제를 지원해 주신 관계자 여러분께 깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 배의성, 이기학, 정지훈, 고강명, 강승은, 전향식, 최형식, 항대영, 이동호, "KA-32T 시뮬레이터용 훈련 시나리오에 대한 고찰", 한국항공운항학회 춘계학술발표회, 2006
- 2) "KA-32 Flight Manual", Kumertau Aircraft Production Enterprise, 1990
- 3) 배택훈, "산불공중진화", 산림청 산림항공관제소, 2003
- 4) 유혁, 김봉주, 김영일, 김웅태, "산불진화 헬기의 비행 안전성 제고를 위한 영상합성장치 응용", 한국항공우주학회 춘계학술발표회, 2006